

低空经济系列#2：eVTOL 产业发展的 5 个核心问题

2024 年 05 月 25 日

➤ **投资建议：**低空经济是全球竞逐的战略新兴产业，是新质生产力的重要方向。我们在低空经济系列报告的第一篇报告中，论述了低空经济概念、格局、空间，以及对通航产业进行了回顾，并分析了 3 个制约因素和 4 个必备条件。本篇报告我们重点聚焦 eVTOL 产业，针对五个核心问题展开讨论：1) 适航取证之路；2) 构型之争；3) 动力系统；4) 商业化路径；5) 空管系统。**我们认为：**当前低空经济发展顶层规划坚定、政策支持明确，多产业融合发展生态也有进展，正处于从 0 到 1 的发展阶段，建议关注低空飞行器产业链和低空新基建两条投资主线。

➤ **核心观点**

适航取证是产品推向市场的必由之路；构型和动力等技术问题会逐步解决。

1) 型号合格证 (TC)、适航证 (AC)、生产许可证 (PC) 是民用航空器适航所需的“三大通行证”，其中航空器只有通过型号合格审定，才能投入生产和使用，适航证是检验飞行器的安全飞行能力是否符合要求，生产许可证反映出企业的综合管理水平。适航取证的进展在某种程度上决定了企业在竞争中的快慢身位；2) eVTOL 构型的选择与企业自身资源禀赋密切相关，技术虽有优劣但并不是产品综合竞争力的决定性因素。动力系统作为 eVTOL 产品的关键系统之一，决定了航程等参数指标，其中提高电池能量密度是动力系统的关键。

eVTOL 商业化之路或将经历旅游观光、工业应用、城市出行 3 个发展阶段。

我们认为：1) **第一阶段：**在 eVTOL 产品和低空经济产业发展初期，适用于以景区观光等场景为主的短途飞行。与此同时，低空空管系统、临时起降点等开始建设，具备一定适航条件；2) **第二阶段：**飞行器续航能力提升，民众可接受程度提升、低空基础设施配套也逐渐完善，eVTOL 应用或将渗透到应急救援、医疗转运、安防、物流等领域；3) **第三阶段：**全自主飞行、避障、降噪等技术更加成熟；低空基建走向成熟，空管系统高度智能化，伴随飞行器批产成本的降低，“空中的士”时代或将到来，呈现出城市立体分层交通格局。

低空智联网及高精度立体地图建设或是解决空管问题的重要方式。空管系统是国家实施空域管理、保障飞行安全、实现航空运输高效有序运行、捍卫我国空域权益的战略基础设施，也是国土防空体系的重要组成部分。未来低空空域或将呈现多类型/多数量的飞行器全域融合运行生态，如何实现全域态势感知、全程“高德”式服务，低空智联网及其高精度地图的建设或将发挥重要作用。与此同时，低空安全问题的重要性也将进一步凸显。

➤ **建议关注**

建议关注低空飞行器产业链和低空新基建两条投资主线：

航空器产业链：1) **无人机：**纵横股份、中无人机、航天彩虹、航天电子等；2) **eVTOL：**亿航智能、万丰奥威、中直股份、小鹏汽车、峰飞航空（未上市）、沃飞长空（未上市）、沃兰特（未上市）、时的科技（未上市）、御风未来（未上市）、零重力（未上市）等；3) **配套：**广联航空、宗申动力、中航高科、光威复材、航天环宇、卧龙电驱、边界智控（未上市）、狮尾智能（未上市）等。

低空新基建：1) **智联网/空管系统：**中科星图、莱斯信息、四川九州、海格通信等；2) **态势感知/空防系统：**航天南湖、国睿科技、四创电子、纳睿雷达等；3) **模拟器：**海特高新等；4) **运营/维修：**中信海直、安达维尔等；5) **基础设施：**深城交、苏交科、威海广泰、中国通号等。

➤ **风险提示：**行业政策变化风险；市场需求不及预期；技术风险等。

推荐

维持评级

**分析师 尹会伟**

执业证书：S0100521120005

邮箱：yinhuiwei@mszq.com

分析师 孔厚融

执业证书：S0100524020001

邮箱：konghourong@mszq.com

分析师 赵博轩

执业证书：S0100524040001

邮箱：zhaoboxuan@mszq.com

研究助理 冯鑫

执业证书：S0100122090013

邮箱：fengxin_yj@mszq.com

相关研究

1.国防军工行业专题报告：低空经济系列：新质生产力标杆赛道，低空经济展翅高飞-2024/03/22

2.国防军工行业点评：低空经济利好政策密集发布，万亿赛道浪潮涌起-2024/03/31

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

目录

1 “漫长”取证路？	3
2 构型的路线之争	9
3 动力系统与两个关键	11
4 商业化路径探寻	14
5 低空新基建之物联网/空管系统.....	17
5.1 空管系统：历经多年发展，已实现核心技术自主可控	17
5.2 低空物联网：空天地一体化的智慧空管系统.....	20
6 低空经济的投资机会在哪里？	23
6.1 eVTOL 产业链价值量梳理	23
6.2 投资机会：飞行器和低空基建两条思路	24
7 风险提示	26
插图目录	27

1 “漫长” 取证路？

观点：在我们讨论低空经济这个话题时，可以有很多角度。但对于 eVTOL 企业来讲，首要的问题可能是如何设计生产出好的产品并成功推向市场，在这中间有一个非常关键的环节，就是适航取证。从某种程度上说，在需求没问题的前提下，适航取证的进展是决定企业能否顺利发展的核心因素。因此，针对民用航空器如何取得适航认证，我们进行了如下分析研究：

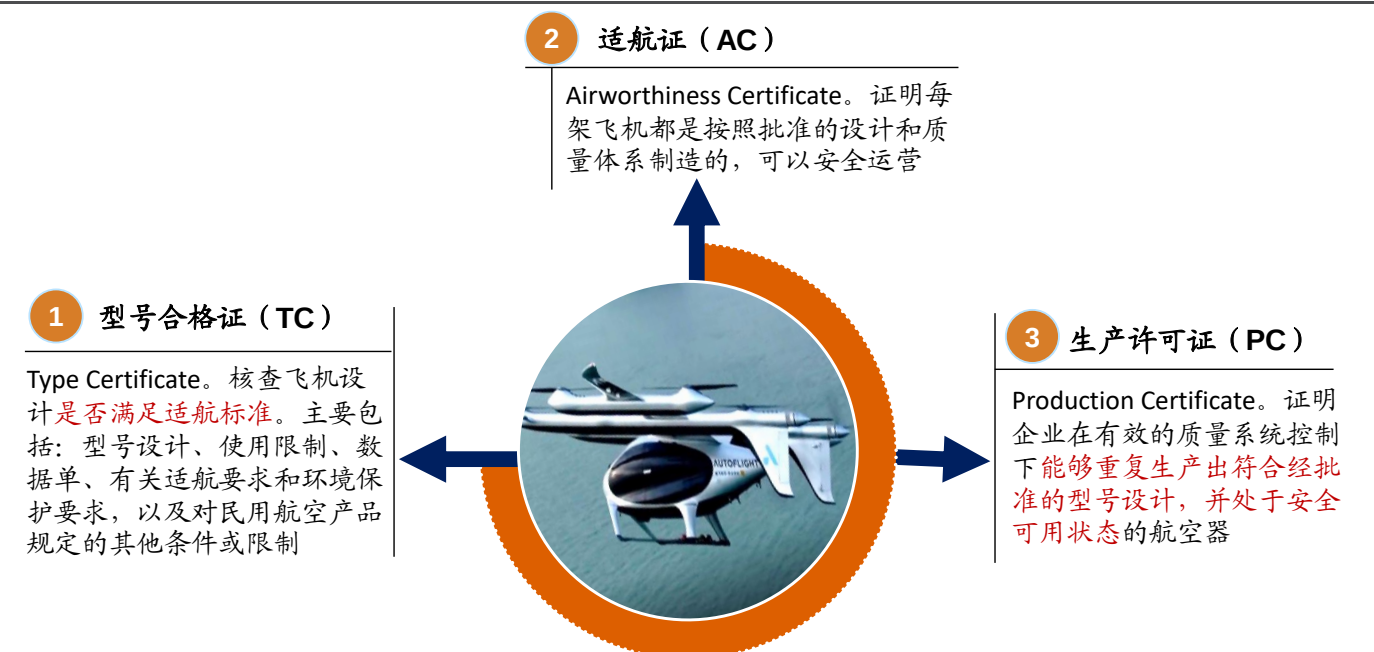
型号合格证、适航证、生产许可证为民用航空器适航所需的“三大通行证”。根据《中华人民共和国民用航空法》和《中华人民共和国适航管理条例》规定，民用航空器的适航管理由中国民航局负责，需要对航空器的设计、生产、使用和维护，实施以确保飞行安全为目的的技术鉴定和监督。民用航空器适航需要取得 3 项合格证，分别是：

1) 型号合格证 (TC)：任何单位或者个人设计民用航空器，应当持航空工业部对该设计项目的审核批准文件，向民航局申请型号合格证。

2) 适航证 (AC)：按照规定生产的民用航空器，须经民航局逐一审查合格后，颁发单机适航证。

3) 生产许可证 (PC)：任何单位或者个人生产民用航空器，应当具有必要的生产能力，并应当在获得型号合格证后，经航空工业部同意后，向民航局申请生产许可证。

图1：民用航空器适航三证：型号合格证 (TC)、适航证 (AC)、生产许可证 (PC)



资料来源：中国民航局官网，全意航空公司官网，民生证券研究院

1、型号合格证 TC：检查航空器设计是否满足适航标准，是取得其余 2 证的前提

型号合格证核心目的是检查航空器设计是否满足适航标准。型号合格证是中国民用航空局（CAAC）根据《民用航空产品和零部件合格审定规定》颁发的、用以证明民用航空产品符合相应适航规章和环境保护要求的证件。**型号合格证主要包括以下内容：**型号设计、使用限制、数据单、有关适航要求和环境保护要求，以及对民用航空产品规定的其他条件或限制。民用航空器只有通过型号合格审定，才能投入生产和使用。

型号合格审定流程从申请到颁证，一般要经历五个阶段。型号合格审定是中国民用航空局（CAAC）对民用航空产品（指民用航空器、航空发动机或者螺旋桨）进行设计批准的过程（包括颁发型号合格证及对型号设计更改的批准）。**型号合格证审定程序一般包含：项目受理和启动——要求确定——符合性计划制定、符合性确认——颁证等 5 个环节。**对于小的项目，以上阶段可能被压缩或合并。不同类别的民用航空器型号审定流程略有不同：**1）正常类、实用类、特技类、通勤类和运输类飞机、正常类和运输类旋翼航空器、航空发动机及螺旋桨型号合格证的申请，应向中国民航局提交。2）其他民用航空产品，如载人自由气球、特殊类别航空器、初级类航空器、限用类航空器和轻型运动类航空器型号合格证的申请，应向申请人所在地区管理局提交。**

图2：型号合格证审定流程：从申请到颁证，一般要经历五个阶段

阶段	一	二	三	四	五
描述	项目受理和启动	要求确定	符合性计划制定	符合性确认	颁证
主要内容	申请，受理，一般熟悉性介绍	首次TCB会议；审查组熟悉性会议	审查审定计划，确定局方审查重点和方式方法	审查组对申请人的符合性表明工作进行验证	最终TCB会议；颁证
关闭条件	受理申请；组建TCB和审查组	审查组完成技术熟悉工作；初步确定审定基础；相关问题纪要起草	完成审定计划或专项合格审定计划	完成局方验证和确认工作（文件评审、试验目击、审定飞行试验等）	完成型号审查报告；颁发型号合格证

资料来源：中国民航局官网，民生证券研究院

型号合格审定需对产品安全性、适航性、可靠性、抗干扰性等进行多轮测试。

以亿航智能公司为例，公司于 2020 年 12 月 28 日向中国民航局适航司提交了 EH216-S 型无人驾驶航空器型号合格证申请书，并于 2021 年 1 月获得受理，2023 年 10 月 13 日，EH216-S 获得中国民航局颁发的全球首个型号合格证，表明其型号设计充分符合安全标准与适航要求，具备载人商业运营的资格。**EH216-S 型号合格取证整体历时近 3 年**，期间在中国多地的专业航空实验室和试验场地进行了大量实验室试验、地面试验和飞行试验，进行了超过 500 个科目的摸底试验、4 万余架次的调整试飞、以及 65 大项、450 多个科目的正式符合性验证试验。对产品的安全性、适航性、性能、功能、使用、可靠性等进行了全面且严格的验证。EH216-S 的型号认证为中国乃至全球 eVTOL 企业的适航取证起到了示范效应。

2、适航证 AC：核心目的是检查飞行器的安全飞行能力

适航审定主要是为保障民用航空活动安全，维护民用航空活动秩序，规范民用航空器的适航管理，对民用航空器的适航检查及相应适航证件进行管理。民用航空器适航证分为标准适航证、特殊适航证、出口适航证、外国适航证、特许飞行证等几大类。民用航空器适航审定的核心目的是检查飞行器的安全飞行能力是否符合要求，审定程序主要分为：申请、受理、适航检查、颁证等几个阶段。

图3：适航证：分为标准适航证、特殊适航证、特许飞行证、出口适航证、外国适航证等五大类

类别	标准适航证	特殊适航证	特许飞行证	出口适航证	外国适航证
适用范围	取得局方设计批准的正常类、实用类、特技类、通勤类、运输类航空器，载人自由气球，特殊类别航空器（如滑翔机、飞艇、甚轻型飞机和其他非常规航空器）	初级类、限用类、轻型运动类、局方同意的其他航空器（如为个人自制航空器颁发实验类特殊适航证）	对尚未取得有效适航证或目前不符合有关适航要求，但在一定限制条件下能够安全飞行的航空器可申请特许飞行证，具体可分为第一类特许飞行证（如科研试飞）和第二类特许飞行证（如改装、修理后进行的调机飞行）	任何出口人或其授权代表可以进行申请；1）国产新航空器出口适航证应向航空器制造人所在地的民航管理局申请；2）其他申请人向所在地的民航管理局申请	具有现行有效的外国国籍登记证和适航证，且其型号已经民航局认可。合法占有、使用上述外国民用航空器的中国使用人，可以申请该航空器的外国适航证认可书。申请人应向所在民航地区管理局提出申请
转让性和有效期	在中国国籍登记注册期间，标准适航证可以随航空器一起转让，无需申请变更。其他被暂停、吊销或局方另行规定等情况除外	在中国注册登记期间，特殊适航证（实验类特殊适航证除外）可以随航空器一起转让，无需申请变更。其他被暂停、吊销或局方另行规定等情况除外	有效期由局方评估后给定，不超过一年。对于基于临时国籍证颁发特许飞行证的，有效期不应超过临时国籍证的有效期	/	从颁发之日起至外国适航证有效期满，或租赁合同到期为止，以先到为准，但不超过1年

资料来源：中国民航局官网，民生证券研究院

3、生产许可证 PC：保证每一架出厂的航空器及其零部件均符合型号设计和安全要求

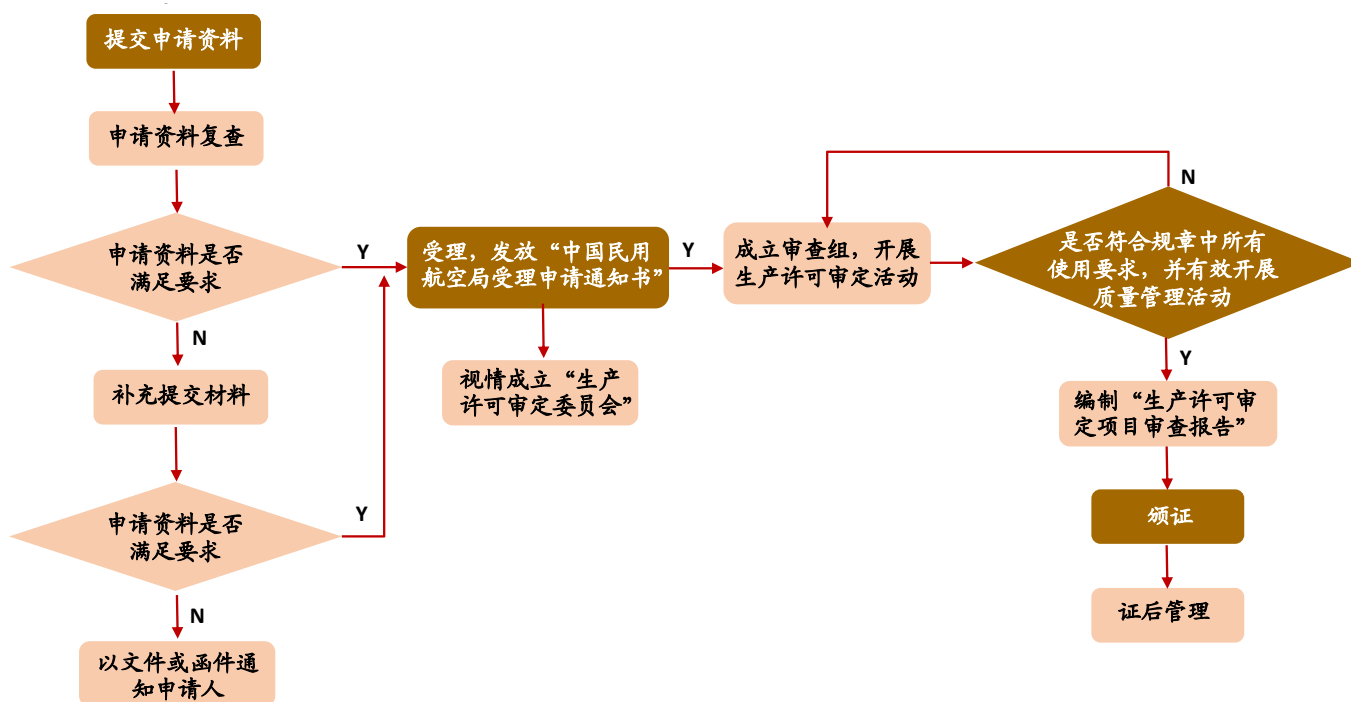
生产许可证是证明企业在有效的质量系统控制下能够重复生产出符合经批准的型号设计，并处于安全可用状态的航空器。

1) 作用：中国民航局经过审查申请人的质量控制资料、组织机构和生产设施后，认为申请人已经建立并能够保持符合相关规定的质量控制系统，且其生产的每一架民用航空产品均符合相应型号合格证或型号设计批准书、补充型号合格证或改装设计批准书的设计要求后，所颁发的生产体系认证证书。这张通行证的作用在于要求有一个符合要求的质量保证体系，使得企业能够按照批准的工程设计资料持续稳定地生产出安全可用的飞机。

2) 法律依据：依据适航规章《民用航空产品和零部件合格审定规定》（CCAR-21-R5）及适航管理程序《生产批准和监督程序》（AP-21-AA-2023-31R2）。

3) 申请资质：a) 持有或者已经申请型号合格证；b) 持有或者已经申请补充型号合格证或者改装设计批准书；c) 持有上述证件的权益转让协议书；d) 利用位于中国之内的生产设施生产具有型号认可证或者补充型号认可证的民用航空产品，并持有该民用航空产品的型号合格证或者补充型号合格证的权益转让协议书。

图4：生产许可证 PC：核心是衡量企业是否具备批量化的生产能力，并保证每一架飞行器及其零部件均符合相关要求



资料来源：中国民航局官网，民生证券研究院

相比于型号合格证，生产许可证更能体现一家航空制造企业的生产组织及控制、质量管理及综合管理水平。以亿航智能 EH216-S 的批量生产流程为例，整个生产质量管理体系覆盖原材料、供应商管理、生产组织、生产质量管控、航空器出厂测试、售后维修维护等环节，让每一个生产环节都有章可循、有据可查，确保所有零件、部件和系统都可追溯、安全受控，保证每一架出厂的航空器及其零部件均能符合经批准的型号设计和安全要求。2023 年 5 月，亿航智能向中南局提交了 EH216-S 型载人无人机生产许可证（PC）的申请，当时该航空器的型号合格证仍在密集开展符合性验证的阶段，按照现行有效规章程序的规定，中南局受理了该申请¹；2024 年 4 月 7 日，亿航智能 EH216-S 无人驾驶 eVTOL 获得中国民航局颁发的生产许可证。这是全球首张 eVTOL 生产许可证，是自 EH216-S 成功取得型号合格证、标准适航证之后的又一重要里程碑，标志着 EH216-S 率先迈入规模化生产阶段，也为其下一步的商业化运营提供了重要保障²。

总体而言，适航活动贯穿民用航空产品和零部件的设计、制造、使用、维修直至退役的全寿命周期。**本章我们详细梳理了民用航空器的适航审定要求，即需要取得三项合格证：型号合格证（TC）、适航证（AC）和生产许可证（PC）。但目前 eVTOL 的适航审定还没有统一的标准文件，因此专用适航条件制定的合理与否至关重要；**eVTOL 产品的典型特点是纯电力、可垂直起降、构型存在差异化（多旋翼、复合翼、倾转旋翼等），那么适航审定时除了要考虑常规性要求外，还要重点考查如飞行器垂直起降的悬停性能、固定翼状态的低速性能、垂直起降期间升力部分丧失的处理能力、电池的过热管理以及能量密度是否符合要求等多个方面。航空器的适航审定过程可能会“复杂且漫长”，但终极目的都是为了确保“适航性和安全性”。此外，根据《通用航空经营许可管理规定》，当通过适航审定的航空器要投入到市场进行使用时，相关运营企业还需要向中国民航局申请取得运营许可证（OC）。

¹ http://zn.caac.gov.cn/ZN_DQYW/202404/t20240416_223537.html

² <https://mp.weixin.qq.com/s/OGM2mzYRA6EcLHwk9dpmg>

图5：型号合格证（TC）、生产许可证（PC）、标准适航证（AC）和运营许可证（OC）示意图

TC

中国民用航空局
CIVIL AVIATION ADMINISTRATION OF CHINA

型号合格证
TYPE CERTIFICATE

编号/No. _____

本型号合格证颁发给：
（型号合格证持有人名称）
（型号合格证持有人地址）

经中国民用航空局审查确认下列型号的设计符合中国民用航空规章_____的规定，主要性能数据见本证所附型号合格证数据单。

型号：_____

本证件和作为本证件一部分的型号合格证数据单将保持有效，直到被中国民用航空局暂扣、吊销、或另行规定终止日期。

PC

中国民用航空局
CIVIL AVIATION ADMINISTRATION OF CHINA

生产许可证
PRODUCTION CERTIFICATE

编号(No.) _____

本生产许可证发给 This certificate is issued to:

公司注册地址 whose business address is:

总装设施地址 whose final assembly facilities are located at:

序号 _____ 总装设施地址 _____

AC

中国民用航空局
Civil Aviation Administration of China

民用无人驾驶航空器标准适航证		编号/No.:
STANDARD AIRWORTHINESS CERTIFICATE		
1. 登记标志 Registration Marks	2. 民用无人驾驶航空器制造人和型号 Manufacturer and manufacturer's designation of aircraft	3. 民用无人驾驶航空器序号 Aircraft Serial No.
4. 遥控台（站）型号及型别 Remote pilot station (RPS) type(s) and/or model(s)		5. 民用无人驾驶航空器的链路（C2 链路） Link(s) for aircraft (C2 Link(s))
6. 类别 Categories:		
7. 本适航证根据 1944 年 12 月 7 日《国际民用航空公约》和《中华人民共和国航空法》及根据该法发布的有关规定颁发。本无人驾驶航空器系统在按照各项规定进行维修和各项运行限制运行时是适航的。This Certificate of Airworthiness is issued pursuant to the Convention on International Civil Aviation dated 7 December 1944, and to the Civil Aviation Law of the People's Republic of China and Regulations issued thereunder, in respect of the above-mentioned aircraft which is considered to be airworthy when maintained and operated in accordance with the foregoing and the pertinent operating limitations.		
局长授权 For the Minister:		颁发日期 Date of Issuance:
签发人: Signature	部门/职务: Dept./Title	
8. 在中国注册登记期间，除非被暂扣、吊销或局方另行规定终止日期外，无人驾驶航空器在按照各项规定进行维修并按照规定运行限制运行时，本适航证长期有效。Unless suspended, revoked or a termination date is otherwise established by the authority, this airworthiness certificate is effective as long as the maintenance is performed in accordance with the appropriate Civil Aviation Regulations of China and the aircraft is operated according to the prescribed limitations when the aircraft is registered in the People's Republic of China.		
备注 Remarks: 表-21-532-2022		

第 1 页 共 2 页

OC

民用无人驾驶航空器运营合格证
REMOTELY PILOTTED AIRCRAFT SYSTEMS
AIR OPERATOR CERTIFICATE

合格证编号 (NUMBER):		UAOC-O/S/C-HB-*****
运行人名称/NAME OF OPERATOR:		
运行人地址/BUSINESS ADDRESS:		
主运行基地/PRINCIPAL BASE OF OPERATIONS:		
运行管理联系人/CONTACT PERSON:		
经审查，该运行人符合中国民用航空规章第92部(CCAR-92)的要求，批准从事如下种类运行： Upon findings that the air operator complies with the requirements of CHINA CIVIL AVIATION REGULATION part 92(CCAR-92), the air operator is approved to conduct operations of the following category:		
运行种类/CATEGORY OF OPERATION:		
☐ 留空飞行/Hover Operation	☐ 航线飞行/Line Operation	☐ 其他飞行/Others
经营种类/COMMERCIAL OPERATION:		
☐ 载客类/Passenger Transportation	☐ 载人类/Person on board	☐ 载货类/Laden
☐ 培训类/Training	☐ 其他类/Others	
请扫描二维码核验经批准的具体运营内容 Please scan the QR code to verify the approved operation.		
上述运行的具体限制详见局方批准的《运营规范》。 Limitations for above operations may refer to OPERATION SPECIFICATION approved by CAAC.		
本运营合格证除被放弃或吊销，2年有效。 This certificate shall be valid for 2 years, unless abandoned or revoked.		

资料来源：中国民航局官网，民生证券研究院

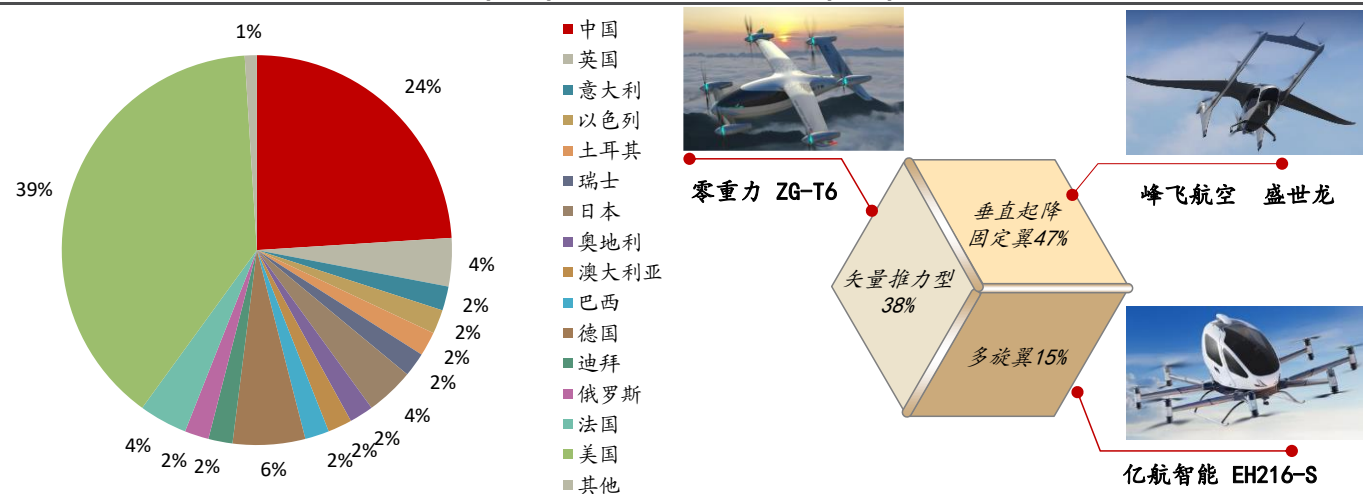
2 构型的路线之争

观点：在我们对民用航空器（尤其是 eVTOL）适航取证的问题研究之后，当聚焦到产品本身，就会注意到不同企业的 eVTOL 构型各不相同，企业选择不同的构型有其自身的道理。但对构型的优劣比较分析，以及不同构型在适航取证时是否会不同，这些可能是市场较为关注的问题。我们研究分析如下：

根据航空产业网统计，全球 eVTOL 制造商目前主要分布在美国、中国、德国、法国、日本和英国等，累计占据了 80% 以上的市场份额。此外，我们还发现这类地区通常还具有强的航空航天技术底蕴和高端制造能力、较强的市场需求以及有力的政策支持，或许一定程度上可以认为这是支撑 eVTOL 产业实现较好发展的有力条件。当前 eVTOL 企业主要分为 2 类：**一类是传统飞机和汽车行业巨头**，如空客、巴航工业、罗罗、丰田、吉利等；**另一类是初创企业**，如美国的 Joby、Archer、Wisk、Beta、ZeroAvia、Wisk、Jaunt，德国的 Volocopter、Lilium，以色列的 UrbanAeronautics，英国的 Vertical Aerospace，欧洲的空客 CityAirbus，日本的 Skydrive 等，以及中国的亿航智能、峰飞航空、沃兰特、沃飞长空、时的科技、小鹏汇天、御风未来、零重力飞机等。

目前 eVTOL 的主流构型有三类：垂直起降固定翼、矢量推力型、多旋翼型，与无人机整体布局划分类似。截至 2023 年 7 月，飞行器整体布局：**1）垂直起降固定翼（复合翼）占比 47%**，如沃兰特的 VE25，零重力的 ZG-VC2，峰飞航空盛世龙等，沃飞长空的 XB-12；**2）矢量推力（倾转旋翼）布局占比 38%**，如时的科技的 E20，零重力的 ZG-T6、沃飞长空的 AE200；**3）多旋翼布局占比 15%**，如亿航智能 EH216-S、小鹏汇天的旅航者等。

图6：2023 年全球 eVTOL 制造商格局（左图）和 eVTOL 技术类型（右图）



资料来源：航空产业网，零重力官方公众号，中国航展网，亿航智能公司官网，民生证券研究院

eVTOL 不同构型的升力原理、性能表现与适用场景各有不同。

1) 多旋翼构型：该类飞行器没有额外组件，结构轻便、设计相对简单、制造成本较低，是技术发展最为成熟的构型之一，但航程、速度和有效载荷表现一般。

2) 垂直起降固定翼/复合翼构型：最大程度上保留了传统固定翼飞机的特征，机舱布局更灵活。在悬停和低速飞行时，飞机以垂直起降模式运行；当速度增加到一定程度，旋翼转速会降低直至停止运转，与此同时机翼逐渐加入使用，并完全承担升力，此时向前的推力由螺旋桨系统承担。复合翼构型可以实现较高的飞行速度，而且降低了震动水平，提高了机动性；但同时也存在结构死重较多并会产生额外阻力的缺点。

3) 矢量推进/倾转旋翼构型：目前能兼具效率和成本的一种构型，同时也是研发难度较大、机械设计非常复杂的机型。飞行器配备了可倾转电驱动组件，可通过改变推力方向来实现垂直起降或巡航。在垂直起降模式下，执行垂直起飞和降落、悬停和低速飞行；当飞行速度达到一定水平时，旋翼沿着发动机舱（或机翼）倾转到水平位置，旋翼变为推进螺旋桨，飞行器以固定翼飞机模式进入高速飞行。为了平衡悬停性能和高速飞行性能，旋翼需要兼顾多个场景，因而其悬停效率低于多旋翼和复合翼，但在垂直飞行、高速巡航等方面表现良好。

图7：eVTOL 不同构型的对比分析

构型	升力原理	优势	劣势	构型示意图	代表机型
多旋翼	1) 采用3个及以上分布式电推进系统； 2) 推进装置仅提供垂直升力，水平机动通过推力差实现；	1) 自重较轻 2) 制造成本低 3) 设计相对简单 4) 技术风险/研制难度较低	1) 能效比低 2) 有效载荷少 3) 航程有限 4) 速度较慢 5) 应用场景局限	 多旋翼	亿航智能EH216-S 小鹏汇天旅航者X2 德国Volocopter公司的VoloCity
复合翼	1) 采用3个及以上的分布式电推进系统； 2) 推进装置分别提供垂直升力（旋翼）和向前推力（螺旋桨）；	1) 巡航效率/航程提升 2) 安全性提升 3) 飞行包线提高 4) 生产和维护相对简单 5) 技术风险/研制难度较低	垂直升力系统在平飞阶段是死重并会产生额外阻力	 垂直起降固定翼	峰飞航空 盛世龙 沃兰特VE25 美国Archer公司的Midnight
倾转旋翼	1) 采用3个以上的分布式电推进系统； 2) 部分推进装置倾转以提供垂直升力和向前推力，其余仅提供垂直升力	1) 推力大 2) 自重较轻，死重较少 3) 垂飞和高速巡航表现好	1) 悬停效率低 2) 机械设计和飞控系统复杂 3) 研发难度大 4) 成本高 5) 试飞难度大，适航认证时间长	 倾转旋翼型	沃飞长空 AE200 零重力飞机 ZG-T6 美国Joby公司S4

资料来源：航空产业网，邓景辉《电动垂直起降飞行器的技术现状与发展》，各公司官网，民生证券研究院

3 动力系统与两个关键

观点：我们在低空经济系列报告第一篇《新质生产力标杆赛道，低空经济展翅高飞》报告中，对低空经济的概念进行了阐述，并对通航和 eVTOL 进行了比较分析。关于 eVTOL 是传统通航飞行器的升级？颠覆？补充？产业中有很多讨论。决定 eVTOL 能否应用落地的主要性能指标之一就是续航能力，我们用“两个关键”来形容这个问题：**动力系统是 eVTOL 产品的关键；提高电池能量密度是动力系统的**关键。

eVTOL 主要由动力系统、机载系统、机体结构等构成。eVTOL 作为新一代航空革命性飞行器，集合了新概念、新能源、新材料、新技术，此类飞行器的出现很大程度要受益于电池储能技术的发展。按照动力模式的不同，eVTOL 可分为全电动、混合动力两大类。全电动类别包括锂电池、氢燃料电池、太阳能电池三种，混合动力类别包括锂电池+氢燃料电池、锂电池+燃油两种。

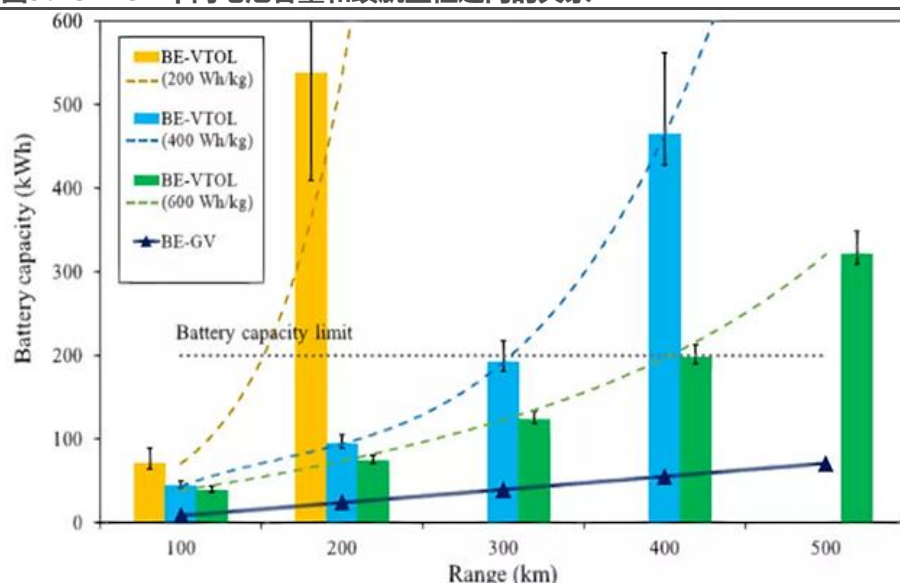
电池里有两项关键指标与 eVTOL 综合性能密切相关，一是能量密度，二是功率密度。相对而言，电池功率密度（即单位质量电池的放电功率）是 eVTOL 更为关键的性能指标，决定了其是否可以安全起飞和着陆；另一方面，能量密度（电池平均质量所释放出的电能）一定程度上决定了 eVTOL 的航程范围，目前 300Wh/Kg 的能量密度可以维持 200~300 公里的航程。根据亿航智能公司官网信息，**一般情况下，电池重量约占自动驾驶飞行器空重的 1/3**，那么如何提高能量密度、减少电池重量则成为关键。以亿航智能 EH216-S 为例，其最大起飞重量为 620kg，最大载客 2 人（不超过 220Kg），粗略计算其配备的电池重量约为 133kg，如果现有的电池能量密度能提升一倍，理论上其载客量还可增加 1 人。

图8：亿航智能 EH216-S 整体参数



资料来源：亿航智能公司官网，民生证券研究院

图9: eVTOL 不同电池容量和续航里程之间的关系



资料来源: 北深资本, 民生证券研究院

电池能量密度方面, eVTOL 垂直起飞阶段所需的动力是地面行驶的 10~15 倍, 商用门槛高达 400Wh/kg, 且未来能量密度要求还会达到 1000Wh/kg, 远高于当前车用电池的能量密度。目前国内 eVTOL 使用的电池能量密度最高已达到 285Wh/kg。2023 年 4 月, 宁德时代宣布与中国商飞等企业合作, 发布了凝聚态电池, 能量密度最高可达 500Wh/kg, 兼具高比能和高安全的特性; 此外, 宁德时代也在进行民用电动载人飞机项目的合作开发, 执行航空级的标准与测试, 满足相关安全与质量要求, 还将推出凝聚态电池的车规级应用版本。

充放电倍率方面, eVTOL 的整个飞行过程需要经历起飞、巡航、悬停等多个阶段, 其中起降环节要求电池的瞬间充放电倍率在 5C 以上。目前, 业界提高电池能量密度的方式主要是采用固态或半固态的技术路径, 但在带来更高能量密度的同时, 也将带来更大的电池膨胀、表面压力以及安全性的风险, 相关技术仍需要不端研究和完善。

图10: eVTOL 对电池性能要求及未来发展规划 (左图)、电池充放电倍率与充放电时间的关系 (右图)

指标	参数	充放电倍率	额定容量	计算公式	电流	充放电时间
能量密度	目前已达到285Wh/kg, 2030年目标为500Wh/kg, 2040年目标1000Wh/kg	10C	100 Ah	$10 \times 100A$	1000A	6mins
		5C	100 Ah	$5 \times 100A$	500A	12mins
		3C	100 Ah	$3 \times 100A$	300A	20mins
		2C	100 Ah	$2 \times 100A$	200A	30mins
功率密度	2030年目标为1.25kW/kg, 2040年目标2.5kW/kg	1C	100 Ah	$1 \times 100A$	100A	1 hour
		C/2	100 Ah	$100A/2$	50A	2 hours
		C/3	100 Ah	$100A/3$	30A	3 hours
		C/5	100 Ah	$100A/5$	20A	5 hours
倍率	$\geq 5C$	C/10	100 Ah	$100A/10$	10A	10 hours
循环次数	≥ 10000 次					

资料来源:《通用航空装备创新应用实施方案(2024-2030年)》, 环球零碳研究中心, 民生证券研究院

国家支持航空器动力系统系列化发展，强调以电动化为主攻方向，兼顾混合动力等多种模式。2024年3月27日，工信部、民航局等四部门印发《通用航空装备创新应用实施方案（2024-2030年）》，提出：

1) 以电动化为主攻方向，兼顾混合动力、氢动力、可持续燃料动力等技术路线，加快航空电推进技术突破和升级，开展高效储能、能量控制与管理、减排降噪等关键技术攻关。

2) 强化装备安全技术攻关，重点突破电池失效管理、坠落安全、数据链安全等技术，提升空域保持能力和可靠被监视能力³。

3) 加速通用航空动力产品系列化发展，加快 200kW 级/1000kW 级涡轴，1000kW 级涡桨等发动机研制；持续推动 100~200 马力活塞发动机批量交付，实现市场规模应用。

4) 加快布局新能源通用航空动力技术和装备，推动 400Wh/kg 级航空锂电池产品投入量产，实现 500Wh/kg 级航空锂电池产品应用验证；开展 400kW 以下混合推进系统研制；推进 250kW 及以下航空电机及驱动系统规模化量产，以及 500kW 级产品应用验证。虽然目前电池技术、新型结构设计仍面临诸多挑战，包括也存在电池持续高倍率放电能力、稳定性和安全性等尚未得到长周期验证的问题。但我们相信，未来在相关科技企业不断深入研究和试验探索，以及国家政策的有力支持下，航空器动力系统的研发或有望加速实现突破。

³ https://www.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/tz/art/2024/art_4ce8d09c15ee4fb1aefc3d5dfbbb6584.html

4 商业化路径探寻

观点：eVTOL 商业化和应用场景的落地，是产业最后能否腾飞的关键之一。在这方，通航产业过去多年的发展提供了参考，我们在低空经济系列报告第一篇中，从通航产业发展历程分析了低空经济未来发展的制约因素和决定条件。在本章中，我们将分析进一步聚焦，将焦点对准 eVTOL 的商业化和应用场景。我们认为，eVTOL 商业化之路或经历旅游观光类、工业应用类、城市出行类 3 个发展阶段，最终或将呈现出空中立体分层交通的发展格局。

全球 eVTOL 产业蓄势待发，我国具有先天优势。我国拥有较好的资源禀赋、较强的市场需求和有利的政策支持。资源禀赋方面，我国地大物博、人口众多，具备使用 eVTOL 的数量优势；同时在人口密集度高、地面交通拥堵的城市，对 eVTOL 等空中交通有较为迫切的需求；政策支持方面，中央和地方针对低空产业发展均颁布了支持政策，包括适航取证补贴、企业发展补贴、航线补贴等诸多方面，顶层规划坚定、发展信心较足。同时，部分头部企业适航认证方面也取得突破。**1) 亿航智能：**2023 年 10 月 13 日，亿航智能 EH216-S 获得中国民航局颁发的全球首个型号合格证；12 月 21 日，获得全球首个无人驾驶 eVTOL 标准适航证。2024 年 4 月 7 日，获得全球首个无人驾驶 eVTOL 生产许可证。至此，亿航智能已集齐“适航三证”，商业化运营提速；**2) 峰飞航空：**2024 年 3 月 22 日，峰飞航空 V2000CG 无人驾驶货运 eVTOL 获得由中国民航华东局颁发的全球首款吨级以上 eVTOL 型号合格证，可广泛用于物流、紧急物资运输和应急救援等领域。

图11：eVTOL 在旅游观光、城市出行、应急救援、警用安防、航空物流等诸多领域都有应用潜力



资料来源：张洪《eVTOL 飞行器的发展态势与应用场景综述》，民生证券研究院

eVTOL 商业化之路或经历旅游观光类、工业应用类、城市出行类 3 个阶段。

与传统航空器相比，eVTOL 除了具备零排放、零污染等优点外，其可垂直起降、不需要跑道/专用机场、噪声低和较低的运营成本，使得 eVTOL 有望打破传统交通工具的边界，成为高铁、地铁、长途巴士、出租车、私家车的重要补充，甚至有机会成为未来的交通出行和运输的主流方式之一。**我们认为，eVTOL 的商业化之路或将经历三个发展阶段：1) 第一阶段：**当前 eVTOL 产品的航时、航程较短，飞行速度较慢，适用于以景区观光、空中游览等场景为主的短途载客飞行。与此同时，国内低空飞行器适航所需的低空空管系统、低空态势感知系统、临时起降点/机场等开始建设；**2) 第二阶段：**eVTOL 所需的电池技术取得一定突破，电池能量密度和安全性得到提升，飞行器的续航能力显著增强。此阶段民众对 eVTOL 的可接受程度逐步提升、低空基础设施建设日臻完善，eVTOL 应用或将向应急救援、医疗转运、警用安防、航空物流等工业领域迈进；**3) 第三阶段：**eVTOL 全自动飞行技术、紧急避障、降噪等关键技术更加成熟，飞行可靠性持续提升；同时低空基础设施建设走向成熟，低空空管系统和飞行保障系统高度智能化、网格化、自动化，伴随飞行器的批产成本的降低，“空中的士”时代或将到来，呈现出城市立体分层交通格局。

1、旅游观光类场景或率先落地

目前国内具备型号合格证、适航证、生产许可证的 eVTOL 企业仅有亿航智能，其他大多数 eVTOL 企业仍处在适航取证当中。亿航智能成熟产品 EH216-S 航时为 25 分钟，最大航程 30 公里，最大设计速度 130km/h，就其性能特点来看，其率先投入的场景或是旅游观光方向，目前公司与深圳、广州、合肥等国内城市以及海外阿联酋、日本等国家都开展了合作。

全国 4A/5A 景区超 3000 个，远期理论需求空间或有望达到数千亿元量级。

截至 2024 年 4 月，全国共有 5A 景区 340 个，4A 景区约 3034 个（2018 年官方披露最新数据），总计约 3374 个。考虑景区的使用场景，以及相匹配的临时起降点和配套设备等建设需求，我们预计，我国旅游观光领域对 eVTOL 及其配套设施建设的远期理论需求规模或有望达到数千亿元量级。

2、医疗转运、航空应急救援等工业级应用场景渐次落地

我国高度重视医疗应急体系的能力建设，尤其对于山地、海岛等交通不便的地区，应急医疗体系的搭建尤为重要。队伍建设方面，根据国家卫健委规划，到“十四五”末，国家计划将国家级医疗应急队伍由目前的 40 支扩充到 60~70 支。此外，截至 2023 年 7 月，我国已建立省、市、县三级医疗应急队伍 6500 支。以浙江为例，浙江山区一位呼吸道大咯血患者通过救援直升机 18 分钟即转运至城区大医院，为挽救生命争取了关键时间。截至 2023 年 7 月，浙江省全省医疗机构已建设 57 个直升机停机坪，常态化开展转运急危重症患者，而这也是 eVTOL 的重要发展方向，假设未来全国 6500 支应急医疗队伍均配备 2 套 eVTOL，那么对

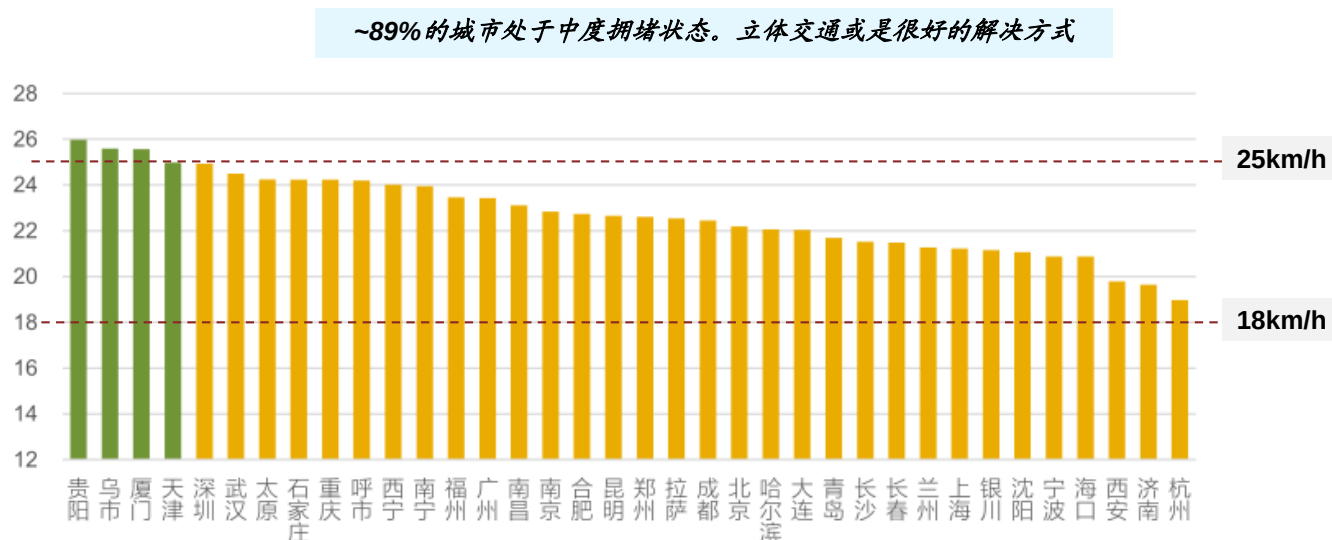
应飞行器采购规模或有望达到百亿元量级。

航空应急救援体系建设方面，按照《“十四五”通用航空发展专项规划》，到2025年底全国开展航空应急救援的省份计划达到25个以上，包括最新发布的《通用航空装备创新应用实施方案（2024-2030年）》也提出，加快提升通用航空装备技术水平，实现全域应急救援能力覆盖。重点围绕航空灭火、航空救援、公共卫生服务、应急通信/指挥四大领域，在京津冀、长三角、东北、中西部、边疆等重点地区，扩大航空应急救援装备示范应用。我们预计到2027年，全国航空应急救援领域对eVTOL及其配套设施的理论需求规模或有望达到数百亿元量级。

3、未来的“空中的士”——城市内/外出行

2022年，全国36个主要城市工作日高峰期平均运行速度为22.7km/h，较2021年提升了0.1km/h，总体处于中度拥堵状态。其中89%的城市（32个）速度处于18~25km/h之间，处于中度拥堵状态。eVTOL的特点在于可垂直起降、无需跑道、电池能源清洁、噪声小，具备在城市里推广的条件。**我们认为**，未来随着eVTOL全自动飞行技术、紧急避障、降噪等技术的不断成熟，以及低空基础设施体系的日臻完备、低空空管系统和飞行保障系统的高度智能化发展，叠加飞行器批量生产成本的降低，**eVTOL应用或将向城市内/外交通方向拓展，“空中的士”时代呼之欲出**。根据《Are Flying Cars Preparing for Takeoff》数据，中国“空中的士”远期理论需求空间或有望超过数万亿元。

图12：2022年全国主要城市工作日高峰小时平均运行速度（km/h），89%以上处于中度拥堵状态



资料来源：中国城市规划设计研究院《2023年度中国主要城市道路网密度与运行状态监测报告》，民生证券研究院

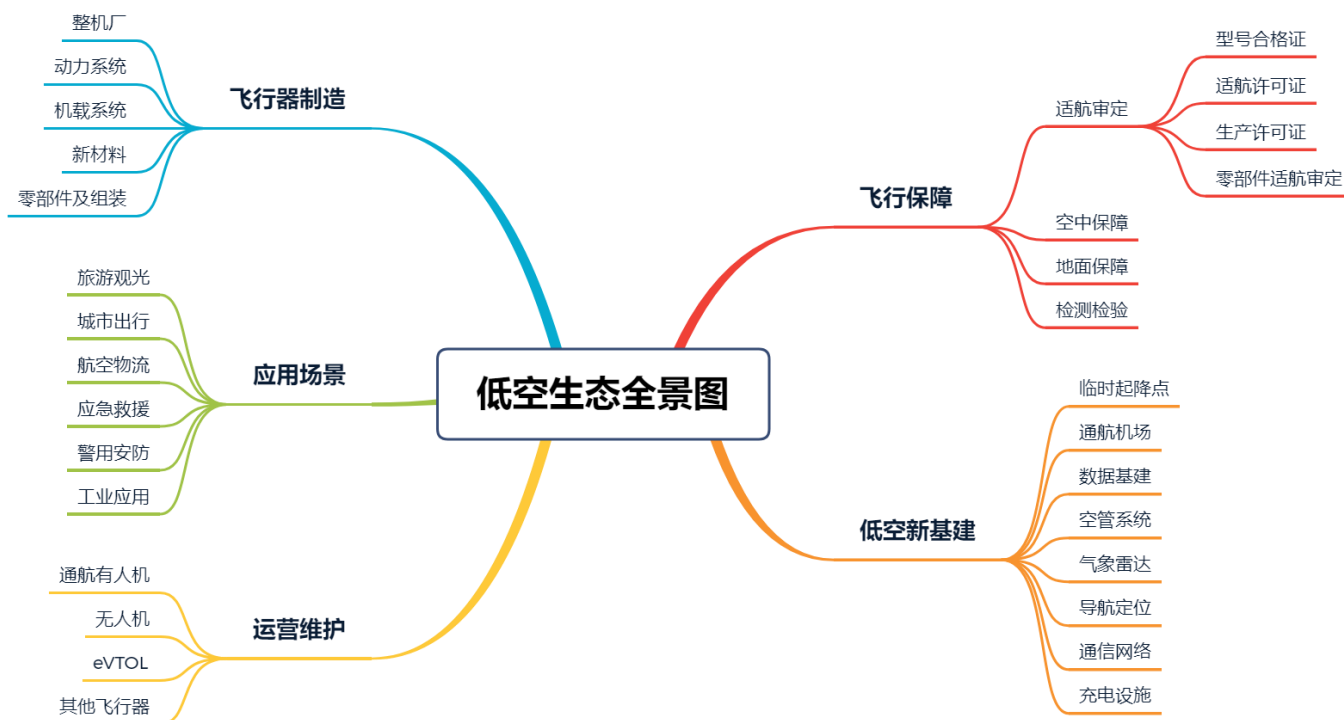
5 低空新基建之互联网/空管系统

观点：低空经济是一个多产业融合发展的综合性生态，涵盖了航空器制造、应用、飞行保障、运营维护、低空新基建五大领域。“低空发展，基建先行”在逻辑上是成立的，加快建设低空飞行活动所需的新型基础配套设施尤为重要。

5.1 空管系统：历经多年发展，已实现核心技术自主可控

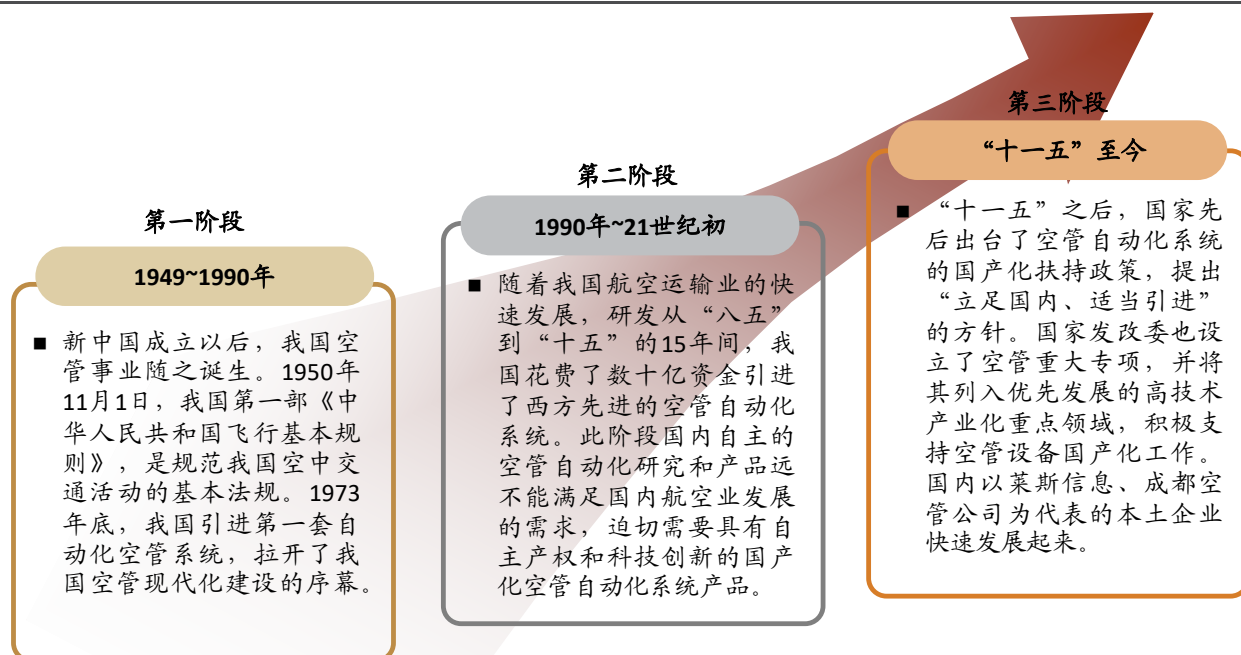
我们认为，在整个低空经济产业发展的过程中，空管体系的建设十分重要。低空生态涵盖飞行器制造、应用、飞行保障、运营维护、低空新基建五大领域。其中，低空新基建主要包括临时起降点/通用机场的建设、低空空管系统建设、空天地一体化导航/通信系统建设、低空态势感知系统建设、充电设施建设等。低空空管系统是国家实施空域管理、保障飞行安全、实现航空运输高效有序运行、捍卫我国空域权益的战略基础设施，也是国土防空体系的重要组成部分。“十一五”以来，国家加大政策扶持力度，先后制定了“民航强国”、“四强空管”和“四型机场”的建设行动纲要，国产化设备从无到有，从简陋到精细，逐步打破了完全依赖进口的局面。国内以莱斯信息、四川九洲、成都空管公司、中航 615 所等为代表的本土企业快速崛起，空管系统核心技术实现自主可控。

图13：低空经济生态全景图：涵盖飞行器制造、应用、飞行保障、运营维护、低空新基建五大领域



资料来源：赛迪顾问，民生证券研究院

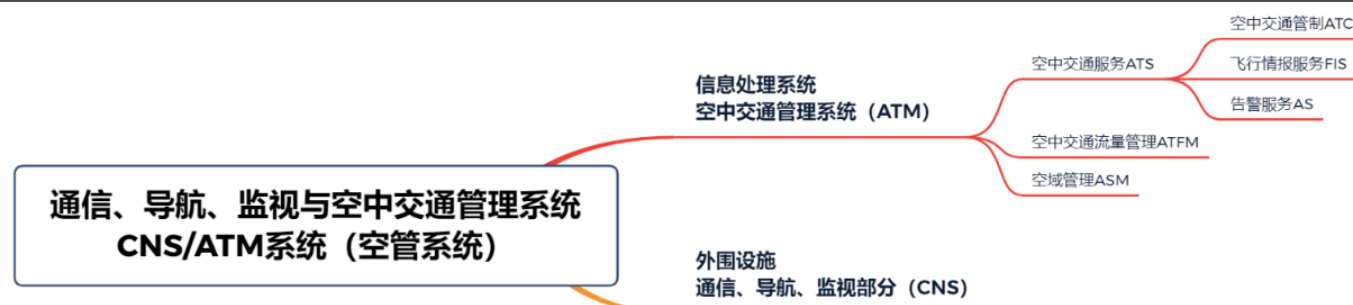
图14：我国空管系统发展历程：历经数十年发展，已实现核心技术自主可控



资料来源：观研报告网，民生证券研究院

民航空中交通管理系统的核心是空管系统，包括信息处理系统和外围设施两大部分。其中通信、导航和监视（CNS）部分属于外围设施；空中交通管理系统（ATM）是空管人员用于管理空中交通运输的信息处理系统，包括空中交通服务（ATS）、空中交通流量管理（ATFM）和空域管理（ASM）三部分。其中空中交通服务（ATS）又分为：空中交通管制（ATC），飞行情报服务（FIS）和告警服务（AS）三部分。目前我国民航空中交通管理迫切需要空中交通管制（ATC）系统和空中交通流量管理（ATFM）的进一步创新，实现空中交通流量管理和管制指挥的一体化，从而在有限的空域资源条件下，缓解空中交通拥堵，让空中交通流量管理行之有效且行之有效。

图15：空管系统主要分为2大部分：信息处理系统（空中交通管理系统）和外围设备（通信/导航/监视）

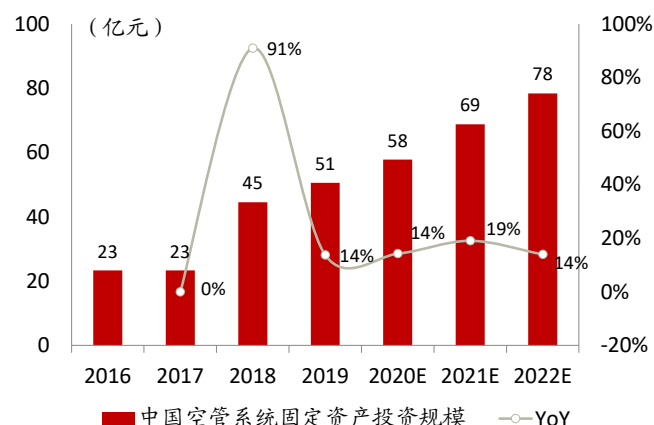


资料来源：莱斯信息招股说明书，民生证券研究院

空中交通管制系统 (ATC) 是空管系统的核心部分, 有 2 大功能: 1) 接收监视雷达传输过来的飞机的高度、速度、方向等信息, 然后自动与预定飞行计划进行比对, 根据比对结果, 管制员做出飞机下一步飞行动作的调度指令, 并将调度指令通过通信系统传达至飞行员, 飞行员根据指令完成飞行调整; 2) 提供碰撞预警、天气预警等信息。空中交通管制系统需要向飞行员提供实时的飞行指令, 因此对系统的可靠性要求非常高。

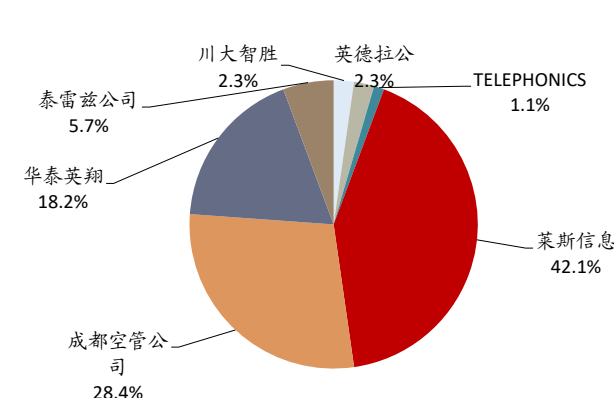
我国低空空管系统建设需求规模约在百亿元量级。“十二五”期间, 我国空管系统领域完成投资 120 亿元; “十三五”期间, 我国空管系统整体投资约为 250 亿元。2016~2019 年, 我国空管系统固定资产投资规模由 23 亿元增长至 51 亿元, CAGR=30%。从民航空中交通管理领域的格局来看, 国外市场参与者主要是欧美的大型电子系统制造商, 包括法国泰雷兹 (Thales)、西班牙英德拉 (Indra) 等; 国内市场参与者主要包括莱斯信息、成都空管公司、华泰英翔、川大智胜等。从当前低空空域基础设施建设的招标情况来看, 浙江衢州、深圳、成都等地建设较快, 其中单个地级市的低空空管系统初期建设的需求规模约在 3000~4000 万元, 全国目前约有 293 个地级市, 对应低空空管系统建设需求约在百亿元量级。

图16: 2016~2022 年我国空管系统固定资产投资规模



资料来源: 中商产业研究院, 中国民航局官网, 民生证券研究院

图17: 2022 年我国空管系统市场格局



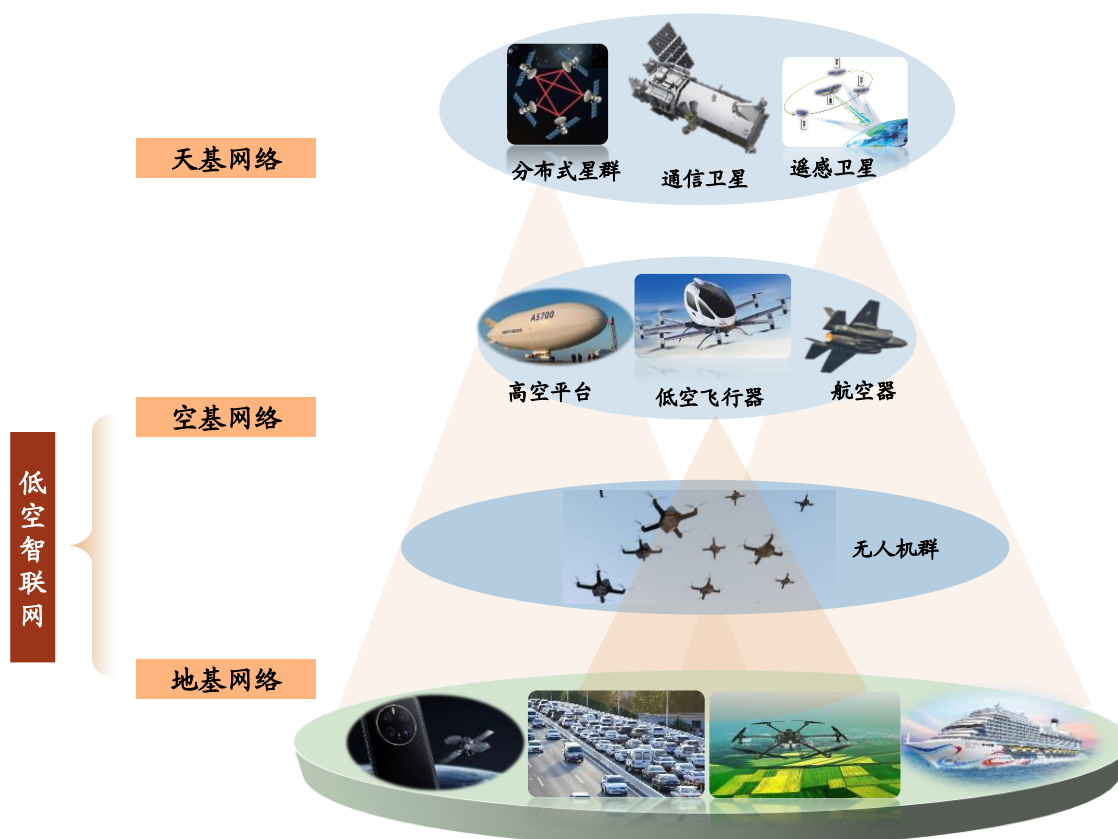
资料来源: 莱斯信息招股说明书, 三胜咨询, 民生证券研究院

5.2 低空智联网：空天地一体化的智慧空管系统

低空空域被称为空天产业发展的“第四空间”，实现该空域资产的动态收储与利用，是有序推动国家新万亿低空产业的基础条件。低空智联网及其高精度立体地图建设或是解决未来空管问题的重要方式。未来的低空领域或将有较多飞行器同时运行，如何实现多种/多架飞行器的同时有序飞行，对现有技术体系和运营架构提出了挑战，而解决这一挑战的重要基石就是低空智联网及其统一的低空高精度立体交通图的建设。

低空智联网是通过新一代低空通讯、低空定位以及低空三维立体网格空域图建模等技术，将低空空域建设成类似现代地面交通的空域网格化指挥与服务系统。低空智联网依托地面基站和在低空空域内运营的近地设施以及低轨卫星的协同作用，可满足高密度、大流量、近实时的低空安全高效应用。低空智联网创新应用了数字化、网络化、智能化技术，赋能管控服务“云”、空天地三“网”和航空器“端”对突发特情和应急处置进行敏捷反应。低空智联网具有高灵活性和高移动性，能够实现按需部署，并在三维立体空间内实现无缝覆盖，可大幅提升低空综合治理效率和空域资源利用率。

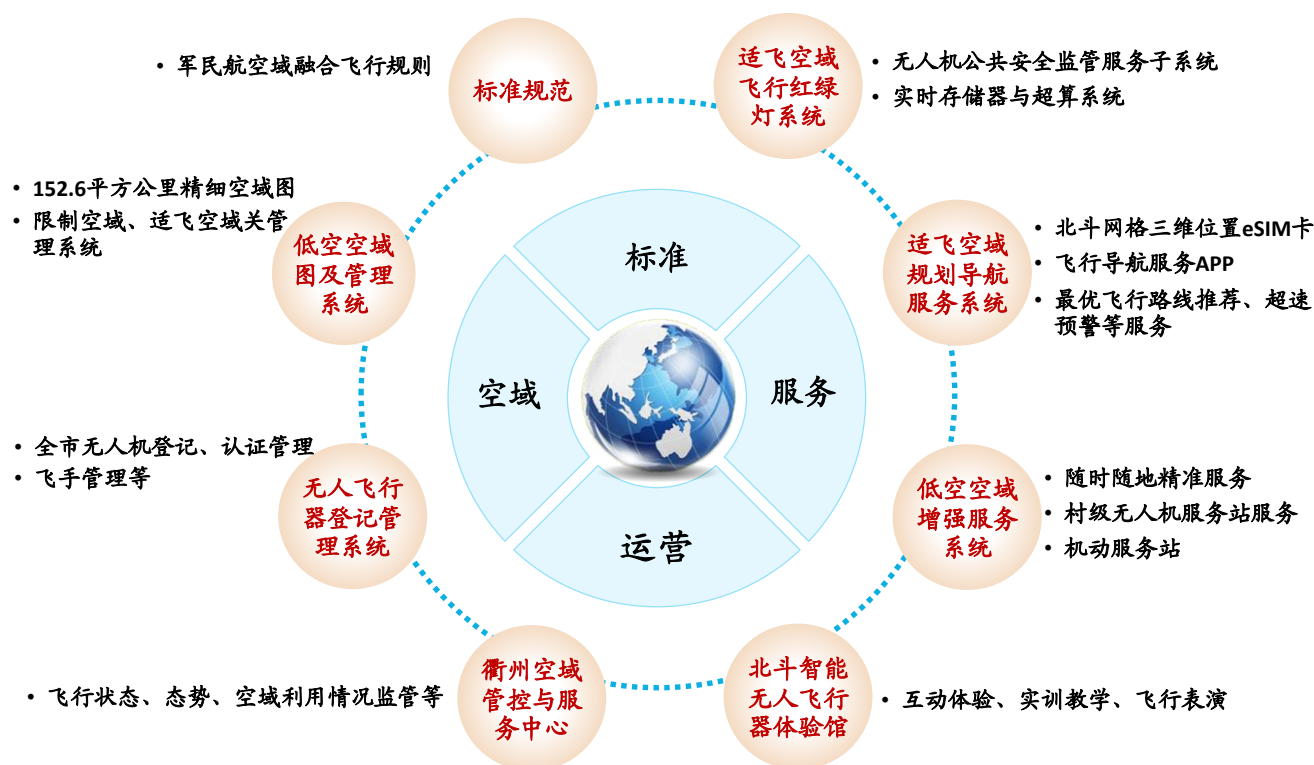
图18：低空智联网：可实现空天地一体化、人机物三元融合互联



资料来源：航空学报，民生证券研究院

低空智联网相关平台建设方面，北斗网格码技术或将发挥重要作用。GeoSOT地球立体网格与编码理论体系为低空智联网建设提供了理论基础，依托北斗低空空域图国家标准，按米级或十米级立体网格，将空域及下垫面三维空间数字化，同时配备 5G-北斗精准定位、气象等保障手段，可实现空地信息基础设施一体化建设。我国目前正在推动全国统一的低空高精度立体交通图技术标准和省市级低空智联网的建设实践，并已在浙江、安徽、上海、广东开展试点应用。如浙江衢州正在打造国内第一个城市超低空智联网平台，项目总投资 2.5 亿元，一期投资 3780 万元，建设周期 10 个月，2024 年 1 月 9 日完成招标，成为全国首个市级低空项目。核心将围绕衢州市低空空域管理标准、低空空域资产开发、服务体系、商业化运营四个部分构建低空空域基础设施，打造空中“高速”服务体系。

图19：浙江衢州：打造国内第一个城市超低空智联网平台



资料来源：北斗伏羲官方公众号，民生证券研究院

合肥骆岗公园正在打造国内首个全空间无人体系城市级应用示范项目。该全空间无人体系采用了北斗伏羲 GeoSOT 地球网格剖分理论体系，首次实现了低空空域资源和地面路网资源、多种无人系统在同一套管控框架下协同运行，构建了全球首个“陆海空天电”全域立体网格空域图，实现全程“高德”式服务，可提供空域划设管理、航线自动规划导航、多飞行器飞行协同、全域态势感知等功能，支撑智慧巡检、智能摆渡、物流配送、城市通勤等多个任务场景的应用。

图20：安徽合肥骆岗公园：打造国内首个全空间无人体系城市级应用示范项目



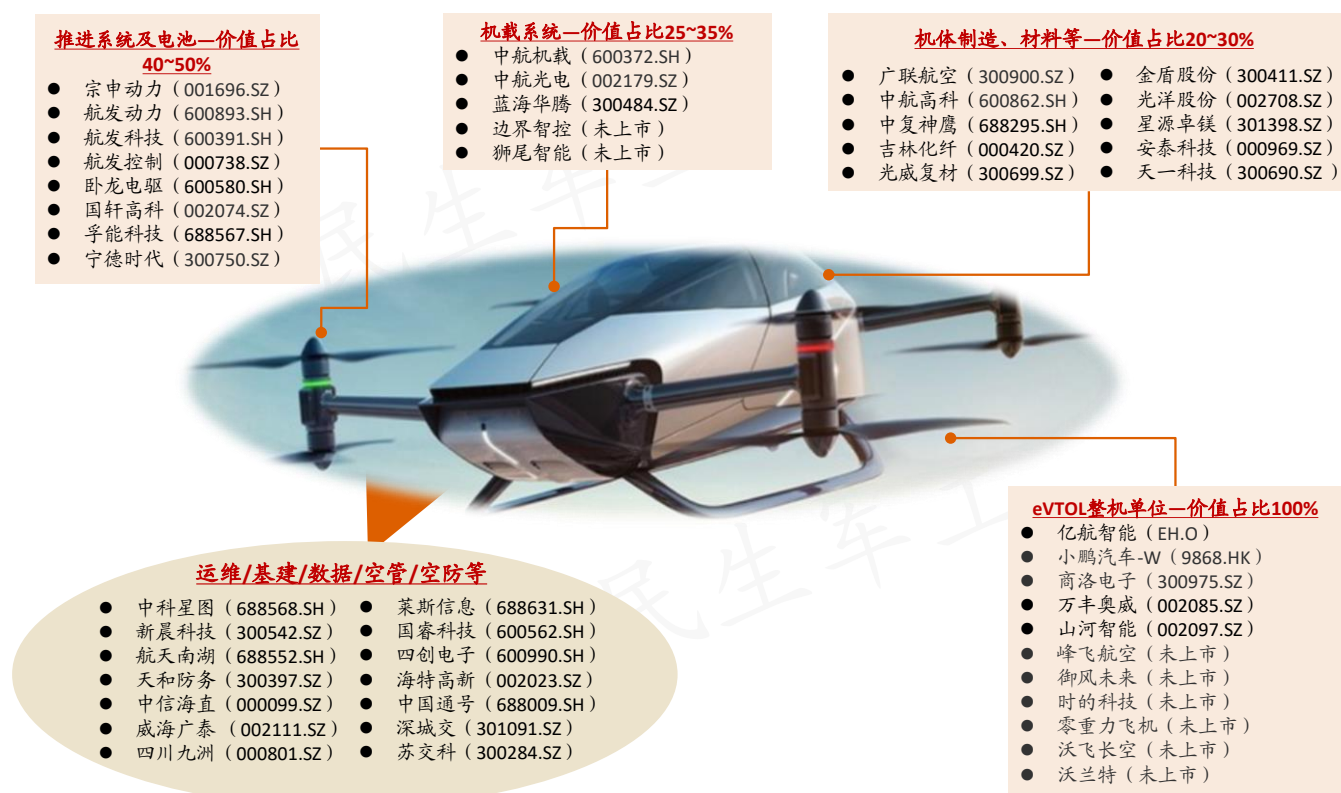
资料来源：北斗伏羲官方公众号，民生证券研究院

6 低空经济的投资机会在哪里？

6.1 eVTOL 产业链价值量梳理

作为一种新型空中交通工具, eVTOL 提供了一种颇具未来感的空中出行方式。eVTOL 目前已经在城内/际交通、旅游观光、物流运输、医疗急救、消防应急等多个场景进行了探索使用, 未来伴随着人工智能、电池技术、通讯导航等技术发展, eVTOL 智能化程度有望更高。根据中国民航局第二研究所发布的《eVTOL 飞行器的发展态势与应用场景综述》, 文章提出未来 eVTOL 或将沿循从载物到载人、从郊区到城市、从特需到日常、从公共服务到商业运营的发展方向, 深入融合到人类生产生活各领域, 创建智能高效、安全可靠和可持续发展的城市空中智能交通生态体系。从各分系统在 eVTOL 价值量占比来看, 推进系统在 eVTOL 产品中价值量占比较大。参考德国 lilium 产品各部件制造成本占比, 升力推进系统及电池占比约 40~50%, 包括发动机及相关配套传动装置、电池等; 机体结构制造与内饰占比约 20~30%, 包含机身、机翼等结构件制造与飞行器内饰产品等; 机载系统占比约 25~35%, 包含航电系统、飞控系统等; 其他产品占比约在 10%。

图21: eVTOL 整机价值量分布图解及相关运维/基建/数据/空管/空防等产业



资料来源: lilium 官网, 小鹏汇天公司官网, 民生证券研究院整理 (注: 图示为小鹏汇天旅航者 X2 产品)

6.2 投资机会：飞行器和低空基建两条思路

我们认为：低空经济产业目前已经具备了较为明确的顶层规划和强有力的产业发展支持政策，未来低空经济或将形成涵盖 eVTOL、无人机、通航有人机等飞行器及其配套体系建设的多产业融合发展新业态，万亿市场发展可期。建议关注飞行器制造和低空新基建两条投资主线：

飞行器制造：1) 无人机及通航有人机：纵横股份、中无人机、航天彩虹、航天电子、中直股份、中航科工、洪都航空等；**2) eVTOL：**亿航智能、万丰奥威、小鹏汽车、山河智能、峰飞航空（未上市）、沃飞长空（未上市）、沃兰特（未上市）、时的科技（未上市）、御风未来（未上市）、零重力飞机（未上市）等；**3) 相关配套：**广联航空、宗申动力、中航高科、光威复材、航天环宇、航发动力、航发控制、卧龙电驱、国轩高科、吉林化纤、边界智控（未上市）、狮尾智能（未上市）等。

低空新基建：1) 空天地一体化低空互联网/空管系统：莱斯信息、中科星图、四川九洲、海格通信、司南导航、北斗星通、新晨科技等；**2) 低空态势感知/低空空防系统：**航天南湖、国睿科技、四创电子、纳睿雷达等；**3) 模拟训练：**海特高新等；**4) 运营/维修：**中信海直、安达维尔等；**5) 基础设施：**深城交、苏交科、中国通号、威海广泰等。

图22：低空经济产业链代表性企业梳理



资料来源：同花顺，各公司官网，民生证券研究院

图23：低空经济产业链相关标的梳理

类型	产业链	证券简称	相关业务
无人机及通航飞行器	无人机总装	纵横股份	我国工业级无人机龙头，低空全生态布局，军贸、特种业务也发展向好
		航天彩虹	我国大型军用和军贸无人机系统研制龙头之一，“彩虹”系列无人机谱系丰富
		中无人机	我国大型军用及军贸无人机系统研制龙头之一，“翼龙”无人机国际知名度高
		航天电子	“飞鸿”系列无人机加速发展，内需外贸加速发展
		观典防务	我国禁毒无人机龙头
	通航飞行器	大疆创新（未上市）	全球消费级无人机龙头
		中直股份	我国直升机总装龙头，AC系列通航直升机正在加速发展，同时布局H-eVTOL业务
		洪都航空	我国教练机唯一上市公司
	机体结构	中航科工	港股唯一航空高科技产业集团，下属公司具有直升机、教练机等整机研制业务
		航天环宇	公司航空产品板块包含大型无人机机体结构研制
		广联航空	航空航天制造重要供应商，业务覆盖特种装备、大飞机、无人机、eVTOL等
		立航科技	无人机产品涉及工装设计制造、零件加工、部件（机翼等）装配等业务
	机体材料	爱乐达	主要从事飞机零部件、航空发动机零件及航天大型结构件的精密制造
		中航高科	我国碳纤维复材预浸料龙头
		光威复材	我国特种碳纤维龙头，同时布局民用碳纤维业务
		中复神鹰	我国碳纤维产业链龙头之一，布局风电、汽车、航空航天等领域
	动力系统	恒神股份	我国碳纤维产业链龙头之一，布局风电、汽车、航空航天等领域
		宗申动力	小型热动力机械及部分终端产品的研制，应用于摩托、汽车、无人机等方向
		航发动力	我国航空发动机系统整机龙头
	通航配套	航发控制	我国全谱系航空发动机系统龙头
		恒宇信通	直升机综合显示控制设备领域一体化系统集成及技术方案综合提供商
eVTOL及相关	eVTOL整机	晨曦航空	拥有机载电子技术、发动机与控制技术、无人机零部件制造三大业务板块
		亿航智能	智能飞行器领军者，已集齐民用航空器“适航三证”，率先迈入商业化运营阶段
		万丰奥威	公司业务包括铝轮、环保涂覆、镁合金材料等，并布局eVTOL业务
		小鹏汽车-W	布局eVTOL业务，代表产品如陆地航母、旅航者X2等
		商络电子	参股公司亿维特正在进行飞行汽车原型机研制和测试工作
		山河智能	子公司山河星航参与了大众汽车的首款eVTOL原型机的开发
		峰飞航空（未上市）	国内最早投入大型eVTOL赛道的科技企业之一，代表产品如V1500M
		御风未来（未上市）	致力于电动垂直起降飞行器的研发，2吨级eVTOL M1首架机于2023.10首飞成功
		时的科技（未上市）	载人电动垂直起降飞行器（eVTOL）企业，代表产品如E20
		零重力（未上市）	2023.10第一代多旋翼eVTOL产品ZG-ONE一号机装配完成并成功试飞
	eVTOL配套	沃飞长空（未上市）	正在进行eVTOL—AE200产品的工程研发与适航认证相关工作
		沃兰特（未上市）	飞行汽车整机单位，代表产品有VE25等
		国轩高科	2023.12与亿航智能签订战略合作协议，布局eVTOL的动力电芯、电池包、储能系统和充电基础设施等
		卧龙电驱	公司在电动航空赛道布局多年，可应用到eVTOL的电驱系统上
		吉林化纤	公司聚焦粘胶纤维和碳纤维产品研制，与恒瑞、亿航等企业均有合作
		中航高科	我国碳纤维复材预浸料龙头
		安泰科技	公司及全资子公司安泰创投间接持有安泰复材5.18%的股权，安泰复材提供eVTOL复合材料机身结构制造和装配
		广联航空	航空航天制造重要供应商，业务覆盖特种装备、大飞机、无人机、eVTOL等
		边界智控（未上市）	eVTOL飞行控制系统核心企业
		狮尾智能（未上市）	eVTOL国产航电引领者，拥有卓越的自动飞行技术
低空新基建（数据/空管/运营/维修/训练等）	维修/训练	安达维尔	主营航空机载设备研制生产、航空维修、测控及地面保障设备研制等
		海特高新	我国最大的飞机大修、航空部附件维修、飞机客改货机民营企业
	运营	中信海直	我国通用直升机飞行服务重要提供商；同时探索eVTOL运营网络搭建
		莱斯信息	深耕空中交通服务、低空飞行服务信息化等业务
	互联网/空管系统	四川九洲	主营空管监视、通信、信息系统及管控系统技术和产品
		中科星图	子公司北斗伏羲参与了合肥骆岗公园全空间无人体系应用示范项目，具备空域划设管理、航线自动规划导航、多飞行器飞行协同，全域态势感知等应用能力
		新晨科技	23年底中标近3000万元低空综合监视系统建设项目，聚焦空管数据信息服务
		威海广泰	我国空港设备龙头，覆盖空港地面设备、消防装备和应急救援保障装备等业务
	基础设施	中国通号	全球领先的轨道交通控制系统解决方案提供商，参与推动建立北京市丰台区低空空管研究中心，加强低空经济顶层设计，开发多功能低空空管平台
		深城交	数字化城市交通整体解决方案及运营服务
		苏文科	基础设施领域综合方案提供商，在京津冀、长三角及粤港澳等地区密集布局
		航天南湖	我国防空预警雷达龙头，已成立低空事业部，低空安防体系相关单位
	雷达系统	国睿科技	我国特种雷达总体单位之一，同时具有空管/气象雷达等民品
		四创电子	雷达产品丰富，包含气象雷达、监视雷达、空管雷达等
		纳睿雷达	雷达产品主要用于气象探测、水利测雨等领域

资料来源：同花顺，各公司官网，民生证券研究院

7 风险提示

1) 行业政策变化风险：低空经济属于新兴产业高端制造方向，当前我国低空空域管理仍处于摸索阶段，如果政策发生一些变化，相关 eVTOL、无人机、通航产业发展可能受到影响。

2) 市场需求不及预期：我国具有广阔的低空经济发展土壤，待挖掘的需求场景较多。但当前低空经济相关产业的商业盈利模式尚不成熟，不同区域的公众可接受程度存在差异，可能存在市场需求不及预期的情况。

3) 技术风险：eVTOL、无人机、通航产业等属于高技术密集型行业，随着下游客户对产品定制化、技术性能差异化的需求增加，技术储备及持续研发、差异化服务能力等同时面临更高的要求。如果企业技术不能及时满足客户的需求，或行业内出现其他重大技术突破，则存在技术不能保持先进性的风险。

插图目录

图 1: 民用航空器适航三证: 型号合格证 (TC)、适航证 (AC)、生产许可证 (PC)	3
图 2: 型号合格证审定流程: 从申请到颁证, 一般要经历五个阶段.....	4
图 3: 适航证: 分为标准适航证、特殊适航证、特许飞行证、出口适航证、外国适航证等五大类	5
图 4: 生产许可证 PC: 核心是衡量企业是否具备批量化的生产能力, 并保证每一架飞行器及其零部件均符合相关要求	6
图 5: 型号合格证 (TC)、生产许可证 (PC)、标准适航证 (AC) 和运营许可证 (OC) 示意图	8
图 6: 2023 年全球 eVTOL 制造商格局 (左图) 和 eVTOL 技术类型 (右图)	9
图 7: eVTOL 不同构型的对比分析	10
图 8: 亿航智能 EH216-S 整体参数	11
图 9: eVTOL 不同电池容量和续航里程之间的关系	12
图 10: eVTOL 对电池性能要求及未来发展规划 (左图)、电池充放电倍率与充放电时间的关系 (右图)	12
图 11: eVTOL 在旅游观光、城市出行、应急救援、警用安防、航空物流等诸多领域都有应用潜力	14
图 12: 2022 年全国主要城市工作日高峰小时平均运行速度 (km/h), 89% 以上处于中度拥堵状态	16
图 13: 低空经济生态全景图: 涵盖飞行器制造、应用、飞行保障、运营维护、低空新基建五大领域	17
图 14: 我国空管系统发展历程: 历经数十年发展, 已实现核心技术自主可控	18
图 15: 空管系统主要分为 2 大部分: 信息处理系统 (空中交通管理系统) 和外围设备 (通信/导航/监视)	18
图 16: 2016~2022 年我国空管系统固定资产投资规模	19
图 17: 2022 年我国空管系统市场格局	19
图 18: 低空物联网: 可实现空天地一体化、人机物三元融合互联	20
图 19: 浙江衢州: 打造国内第一个城市超低空物联网平台	21
图 20: 安徽合肥骆岗公园: 打造国内首个全空间无人体系城市级应用示范项目	22
图 21: eVTOL 整机价值量分布图解及相关运维/基建/数据/空管/空防等产业	23
图 22: 低空经济产业链代表性企业梳理	24
图 23: 低空经济产业链相关标的梳理	25

分析师承诺

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并登记为注册分析师，基于认真审慎的工作态度、专业严谨的研究方法与分析逻辑得出研究结论，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。本报告清晰准确地反映了研究人员的研究观点，结论不受任何第三方的授意、影响，研究人员不曾因、不因、也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

评级说明

投资建议评级标准		评级	说明
以报告发布日后的 12 个月内公司股价 (或行业指数) 相对同期基准指数的涨跌幅为基准。其中：A 股以沪深 300 指数为基准；新三板以三板成指或三板做市指数为基准；港股以恒生指数为基准；美股以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。	公司评级	推荐	相对基准指数涨幅 15%以上
		谨慎推荐	相对基准指数涨幅 5% ~ 15%之间
		中性	相对基准指数涨幅-5% ~ 5%之间
		回避	相对基准指数跌幅 5%以上
	行业评级	推荐	相对基准指数涨幅 5%以上
		中性	相对基准指数涨幅-5% ~ 5%之间
		回避	相对基准指数跌幅 5%以上

免责声明

民生证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。

本公司境内客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告仅为参考之用，并不构成对客户的投资建议，不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，客户应当充分考虑自身特定状况，不应单纯依靠本报告所载的内容而取代个人的独立判断。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容而导致的任何可能的损失负任何责任。

本报告是基于已公开信息撰写，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，且预测方法及结果存在一定程度局限性。在不同时期，本公司可发出与本报告所刊载的意见、预测不一致的报告，但本公司没有义务和责任及时更新本报告所涉及的内容并通知客户。

在法律允许的情况下，本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问、咨询服务等相关服务，本公司的员工可能担任本报告所提及的公司的董事。客户应充分考虑可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一参考依据。

若本公司以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构独自为此发送行为负责。该机构的客户应联系该机构以交易本报告提及的证券或要求获悉更详细的信息。本报告不构成本公司向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议。本公司不会因任何机构或个人从其他机构获得本报告而将其视为本公司客户。

本报告的版权仅归本公司所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、转载、发表、篡改或引用。所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记，除非另有说明，均为本公司的商标、服务标识及标记。本公司版权所有并保留一切权利。

民生证券研究院：

上海：上海市浦东新区浦明路 8 号财富金融广场 1 幢 5F； 200120

北京：北京市东城区建国门内大街 28 号民生金融中心 A 座 18 层； 100005

深圳：广东省深圳市福田区益田路 6001 号太平金融大厦 32 层 05 单元； 518026